



INSTITUTO DE  
PESQUISAS HIDRÁULICAS



GESPLA

# **A cheia de 2024 no estado do Rio Grande do Sul e as linhas de ação para a resiliência contra eventos extremos**

## **Nota Técnica**

**Núcleo de Pesquisa em Planejamento e Gestão de Recursos  
Hídricos - GESPLA**

Guilherme Fernandes Marques (prof. IPH)  
Paola Marques Kuele (Enga. Ambiental, M.S.)  
Ana Paula Dalcin (Enga. Ambiental, Dra.)  
Fernando Magalhães Filho (prof. IPH)  
Giulia Pacheco (mestrado IPH)  
Ariane Sigalis (mestrado IPH)  
Ivo Melo (IRGA, RS)  
Iporã Britto Possantti (doutorado IPH)

---

**9 de maio de 2024**

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>O EVENTO</b>	<b>2</b>
<b>A DIMENSÃO ANTRÓPICA - LINHAS DE AÇÃO PARA O PLANEJAMENTO</b>	<b>3</b>
<b>O PROCESSO DE RECUPERAÇÃO: OBJETIVOS DE LONGO-PRAZO</b>	<b>4</b>
<b>PERCEPÇÃO SOBRE O RISCO PARA O PLANEJAMENTO</b>	<b>4</b>
<b>VISÃO INTEGRADORA PARA O PLANEJAMENTO</b>	<b>5</b>
<b>SOLUÇÕES FLEXÍVEIS PARA AS CIDADES</b>	<b>5</b>
<b>SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA PARA O GERENCIAMENTO DA INFRAESTRUTURA</b>	<b>7</b>
<b>MAIOR ROBUSTEZ PARA SISTEMAS DE MONITORAMENTO, ALERTA E RESPOSTA</b>	<b>8</b>
<b>ESTRATÉGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES QUE JÁ CONHECEMOS</b>	<b>8</b>
<b>MENSAGEM FINAL</b>	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>10</b>

## Introdução

As cheias do ano passado (2023) e a atual (maio de 2024), sendo esta a maior da história do Brasil, revelam que ainda não estamos adaptados para o enfrentamento de eventos extremos. Os impactos causados pela cheia afetam a sociedade e os ecossistemas de forma profunda e em diferentes dimensões. Assim como o desastre causado pela cheia de 2024 não tem uma única causa, também não será resolvido com solução única ou simples. Trazer segurança hídrica significa tornar cidades mais resilientes, envolvendo múltiplos atores e diferentes esferas de tomada de decisão. Para atingir esse objetivo, um grande esforço será necessário para integrar o planejamento sobre o uso da água, solo, infraestrutura hídrica, viária, de saneamento e saúde ambiental.

A presente nota técnica tem como objetivo discutir o contexto no qual vem ocorrendo a cheia de 2024 - a maior inundação do Rio Grande do Sul e do Brasil - e propor uma reflexão para que a sociedade possa escolher o caminho de maior segurança hídrica e resiliência a eventos extremos. A nota é direcionada especialmente aos municípios, suas secretarias de planejamento, aos reguladores, demais órgãos públicos e de estado, como comitês de bacia, que visam fortalecer a governança das águas.

## O Evento

O desastre de grandes proporções que ainda se desenvolve no Rio Grande do Sul impactou, até o momento (9 de maio de 2024), 425 dos 497 municípios, deixou mais de 163 mil desabrigados, mais de 67 mil em abrigos, cerca de 100 mortos, 128 desaparecidos e mais de 1 milhão de pessoas sem água potável<sup>1</sup>. O desastre envolve a interação de três dimensões. Uma primeira, de natureza **meteorológica**, combinou efeitos do El Niño, zona de baixas pressões, presença de calor e umidade, que contribuíram para bloquear frentes frias e concentrar áreas de instabilidade sobre o estado, resultando em grandes acumulados de chuva. Segundo acompanhamento do INMET, essas condições já vinham se desenvolvendo no estado desde o início do ano. Uma segunda, de natureza **geomorfológica/hidrológica**, combinou a afluência dos rios Jacuí, Taquari e Caí. Esses rios nascem e escoam por regiões mais altas, em terreno montanhoso, de formação basáltica, onde a declividade é maior (Zanandrea et al, 2023). São também regiões mais susceptíveis aos deslizamentos e movimentos de massas que transportam sedimentos para a água e aumentam a turbidez. É um conjunto de características que faz com que chuvas provoquem rápidas respostas de escoamento. Ao se aproximarem da região metropolitana de Porto Alegre, os rios fluem por uma região mais plana, com áreas inundáveis. A água, que vem escoando de forma rápida, perde velocidade ao extravasar para essas planícies.

A combinação das dimensões meteorológicas e geomorfológicas/hidrológicas traz a possibilidade de ocorrência de cheias de grandes proporções, como a que estamos enfrentando agora. Entretanto, é a presença de uma terceira dimensão, a **antrópica**, que transforma a cheia, um evento natural e de ocorrência periódica, em um desastre. As planícies de inundação dos rios Jacuí, Taquari e Caí, Sinos e Gravataí são bastante ocupadas. A população no entorno do Guaíba e delta do Jacuí

---

<sup>1</sup> <https://www.estado.rs.gov.br/boletins-sobre-o-impacto-das-chuvas-no-rs>

aumentou de aproximadamente 995 mil (1970) para mais de 2 milhões em 2020. Boa parte dessa ampliação com edificações e habitações ocupando área de perigo de inundação (Reckziegel et al, 2019), a exemplo da dinâmica de mudança no uso do solo em Porto Alegre e Eldorado, além de outros municípios na região. Para mitigar o risco, a estratégia historicamente adotada enfocou a implementação de medidas estruturais (como diques e muros), complementadas mais recentemente por medidas não estruturais (sistemas de alerta, monitoramento e regulamentação no uso do solo).

## A Dimensão antrópica - Linhas de ação para o planejamento

As dimensões meteorológica e geomorfológica estão largamente fora do nosso controle no médio prazo. A longo prazo, a redução na emissão de gases efeito estufa continua sendo uma estratégia importante, em nível global, para evitar que eventos extremos se tornem mais frequentes e intensos. Porém, na esfera de atuação de um país/estado/município as mudanças já são reais e requerem estratégias urgentes para resiliência e adaptação. No contexto da dimensão antrópica, **resiliência** significa resistência às adversidades e capacidade de se recuperar mais rapidamente. Tornar a sociedade mais resiliente implica em **medidas de adaptação**. De forma pragmática para municípios e estados, isso significa mudar o planejamento e as escolhas sobre o uso do solo, água e infraestrutura para permitir a convivência com eventos de cheia sem perdas catastróficas, especialmente de vidas.

Embora várias soluções técnicas já sejam bem conhecidas nos meios de planejamento, ainda temos vários gargalos para atuar na dimensão antrópica e implementar essas soluções para tornar a sociedade mais adaptada. A próxima seção explora alguns caminhos, dentro de seis dimensões de ação para a resiliência mostradas na Figura 1.



Figura 1 – Dimensões de ação para a resiliência.

## **O processo de recuperação: objetivos de longo-prazo**

Após um desastre, toda a comunidade deseja voltar ao normal o mais rápido possível. Entretanto, o próprio processo de reconstrução é também uma oportunidade para refletirmos sobre as limitações e incertezas na tomada de decisão sobre o uso do solo. Uma parcela considerável de áreas urbanas ocupou, ao longo de décadas, planícies de inundação com níveis diversos de risco, o que deixou a população em condição de vulnerabilidade climática. É um problema grande, complexo e para o qual não existem soluções únicas, especialmente aquelas focadas exclusivamente em obras de engenharia como canais e dragagens. O processo de recuperação deve ser norteado por uma visão de longo prazo que irá requerer a integração de políticas públicas de habitação, meio ambiente, recursos hídricos, saneamento e gestão de desastres. Tais políticas devem ser duradouras e prevalecer sobre questões político-partidárias de curto prazo (4 anos). A abordagem de gestão deve ser adaptativa, na qual o aprendizado contribui para a gestão ao dar suporte à tomada de decisão e a gestão contribui para o aprendizado ao monitorar e avaliar as intervenções, permitindo conhecer melhor os processos naturais e os impactos nos mesmos (Dalcin et al, 2020; Williams, 2011). Essa abordagem irá permitir (re)construir melhor, de forma mais segura, assegurando a permanência de soluções de bom desempenho já implementadas e aprimorando aspectos de operação, manutenção e reabilitação.

## **Percepção sobre o risco para o planejamento**

A elaboração de Planos Diretores Municipais e zoneamento urbano, incluindo projetos de engenharia e planos táticos e operacionais ainda ocorre com pouca referência sobre fatores de risco ou se baseando em fatores de risco que já estão ultrapassados. Como resultado, a população ainda ocupa e investe em áreas cujo risco real é desconhecido para a mesma. A ocorrência de múltiplos eventos extremos de cheia de setembro de 2023 a maio de 2024 mostra que as condições mudaram. No contexto municipal, os seguintes pontos são relevantes:

- Revisão de parâmetros para a determinação de riscos e cotas de cheia para o dimensionamento de Obras Hidráulicas e Infraestrutura de Saneamento;
- Elaborar planos de Ação de Emergência e Contingência para toda a Infraestrutura Urbana;
- Elaborar Planos de Comunicação;
- Elaborar Planos Municipais de Redução de Riscos;
- Trazer uma visão integradora para investimento de recursos provenientes de políticas públicas (saúde, habitação, saneamento, urbanização e turismo) na melhoria da infraestrutura e uso do solo, com componentes de redução de risco visando qualidade de vida da população.

## Visão integradora para o planejamento

A dinâmica econômica e social ocorre nas cidades, mas a dinâmica da água ocorre na bacia hidrográfica. Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDU) e Planos de Proteção Contra Cheia precisam ser pensados no contexto das bacias maiores (não apenas bacias urbanas) para evitarmos que áreas fiquem desprotegidas e aproveitarmos oportunidades de sinergias, economicidade em projetos integrados, compartilhamento de custos e operação mais eficiente, como por exemplo políticas de conservação de solo e água que aumentem a infiltração em parcelas a montante das bacias hidrográficas diminuindo a vazão logo após eventos críticos de chuvas como estes recentes. O diagnóstico básico para esse planejamento pode ser elaborado a partir dos Planos de Bacia Hidrográfica, que poderá traçar diretrizes gerais para que cada município, dentro da sua realidade, elabore o PDDU. Por exemplo, o **Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, estado de São Paulo**, foi elaborado com o objetivo de reduzir ocorrências de inundações envolvendo 15 municípios. Esse tipo de plano traz soluções integradas de infraestrutura e ações não estruturais, além de dados que poderão auxiliar os municípios em seu planejamento urbano. O Plano de Bacia é um instrumento capaz de integrar temas como inundação, abastecimento de água, reúso indireto de água, geração de energia e outros. Um aspecto prático é a possibilidade de auxiliar os municípios na elaboração de Termos de Referência para contratação dos planos municipais.

## Soluções flexíveis para as cidades

Em relatório recente do IPCC, Castellanos et al, (2022) destacam que a região sul do Brasil está sujeita à alta frequência da ocorrência de eventos convectivos severos, ciclones extratropicais e tendência de aumento nas chuvas intensas. São previsões com elevado nível de confiança segundo o relatório, o que já vem sendo verificado em estações de medição na região. Em outra análise sobre os impactos da mudança climática nos recursos hídricos das diferentes regiões do Brasil, a Agência Nacional de Águas apontou tendência de aumento de imprevisibilidade no clima para a região sul, com eventos concentrados de cheias e secas, destacando ainda a necessidade da adoção de medidas de preparação para variações que incluem desde excesso de água até a escassez da mesma (Brasil, 2024a).

Trata-se de um contexto que vem agravar a dimensão meteorológica, na medida em que eventos extremos podem ocorrer com maior frequência e intensidade. Embora a adaptação da sociedade ainda vá requerer soluções estruturais como barragens e diques, que historicamente foram protagonistas no processo, a percepção cada vez maior sobre as limitações dessas soluções (que foram dimensionados a partir de observações passadas) mostra que um novo arranjo precisa ser estruturado. Esse novo arranjo deve focar diversificação do leque de soluções, privilegiando alternativas de maior resiliência e flexibilidade. Isso significa deixar mais espaço para os rios (lógica adotada na Holanda) e áreas verdes, a denominada Infraestrutura Azul e Verde (*Blue-Green*

*Systems*<sup>2</sup>), incluindo o cardápio de opções das Soluções baseadas na Natureza<sup>3</sup>, mudar códigos de obra para reduzir danos de cheias e criar redundâncias em sistemas essenciais, como o abastecimento de água e energia.

Por exemplo, ao precarizar o abastecimento de água potável para a cidade de Porto Alegre, a cheia de 2024 evidenciou também a vulnerabilidade do seu sistema de abastecimento, cujas captações se concentram na região do Guaíba e delta do Jacuí. A persistência nos níveis elevados de cheia nas cidades, combinado com altos níveis de turbidez levam à paralização sistemas de captação, bombeamento e tratamento de água. Ao mesmo tempo, outros mananciais, a exemplo da captação na barragem da Lomba do Sabão<sup>4</sup>, se encontram indisponíveis para minimizar o impacto, tendo sido desativados no passado por problema de poluição decorrente da falta de esgotamento sanitário adequado no município vizinho de Viamão. Esse contexto mostra não apenas a importância da diversificação dos portfólios de fontes produtoras de água para dar mais robustez aos sistemas de abastecimento (Fraga et al, 2017), mas também como a falta de investimentos em saneamento por um ou mais municípios coloca em risco toda a bacia hidrográfica. Nessas condições, eventos de cheia trazem não apenas riscos de desabastecimento de água, mas também e contaminação e doenças para a população. No contexto municipal, os seguintes pontos são relevantes:

- Definir e pactuar nos Planos de Bacia as metas de qualidade das águas e os programas de implementação. Esses programas devem ser empreendidos pelos municípios, que podem empregar seus Planos Diretores Municipais, dentre outros instrumentos da Lei No. 10.257, para implementação.
- Ampliar as fontes produtoras de água, proteger de forma estratégica as fontes existentes (áreas desses mananciais) e integrar os sistemas de abastecimento. Técnicas envolvendo Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e mecanismos como Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) (Possantti e Marques, 2022; Freitas et al., 2023) são úteis para a proteção da qualidade da água;
- Articular com empresas de saneamento e usuários da água na bacia a viabilização financeira para a implementação de mecanismos e tecnologias para PSA e SbN;
- Atuar junto às Agência Reguladoras de Saneamento para o acompanhamento das ações, por parte das companhias de saneamento, que busquem avaliar os riscos e mitigá-los via diversificação. Uma possibilidade é a proposição de indicadores de risco no SNIS e que sejam incluídos em normas de referência da Agência Nacional de Águas visando estabelecer isso em contratos de concessão.

---

<sup>2</sup> A infraestrutura verde se dá por florestas urbanas, corredores verdes e agricultura urbana, telhados verdes, plantações urbanas e conservação de áreas verdes. A infraestrutura azul é o próprio sistema de águas urbanas, como regiões urbanas alagadas, lagos e lagoas, rios urbanos, ecossistemas da costa a exemplo de mangues e baías e o sistema de drenagem urbano.

<sup>3</sup> São medidas e ações inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza e que visam atender simultaneamente objetivos ambientais, sociais e econômicos para proteger, gerenciar e restaurar ecossistemas naturais de forma sustentável, eficaz e levando em consideração as complexidades e bem-estar humano e da biodiversidade.

<sup>4</sup> Parque Saint'Hilaire, divisa entre Porto Alegre e Viamão.

## Sustentabilidade financeira para o gerenciamento da infraestrutura

Temos no Brasil limitações generalizadas na capacidade de operar e manter infraestrutura hídrica, seja de armazenamento de água (barragens) ou de proteção contra cheias. A cidade de Porto Alegre conta com um Sistema de Proteção Contra Cheias composto por 17,8 km de diques internos; 26,4 km de diques externos (incluindo o Muro da Mauá); 14 comportas; e 23 casas de bombas. O muro representa cerca de 6% da extensão total dos diques de proteção. Construído entre 1971 e 1974, com base no nível da cheia de 1941, o Muro da Mauá é responsável por proteger alguns dos principais equipamentos públicos da área central, como a Prefeitura, o prédio dos Correios e Telégrafos, a Secretaria da Fazenda do Estado, o Museu de Arte do Rio Grande do Sul, entre outros. Durante a cheia de 2024, o nível de água no Guaíba atingiu a cota máxima de 5,33m (a cota do topo do Muro é de 6,0m), permanecendo ainda acima da cota de inundação (3,0m) por vários dias. Nesse intervalo de tempo foram vários relatos de vazamentos pelas comportas do sistema de proteção e falhas em casas de bombas, em grande parte atribuídos à falta de preparo para emergências e à manutenção deficitária. Uma das comportas chegou a romper, o que combinado com a entrada de água por outras comportas e a paralisação de uma das estações de bombeamento de água pluvial (EBAP) levou à inundação de várias regiões no centro da cidade e bairros próximos.

Um segundo exemplo inclui o Sistema de Controle de Enchentes no Vale do Rio do Sinos (SCEVRS), construído a partir de 1974 (após uma enchente severa em 1965) e composto por 20 km de diques, sistema para a drenagem dos polders através de valas, cursos fluviais retificados e canalizados, além de casas de bombas e sifões para as travessias. Hoje esse sistema protege as cidades de São Leopoldo e Novo Hamburgo. Pentead et al (2012) realizaram trabalho de identificação de falhas e danos no SCEVRS em 2010, em São Leopoldo, e verificaram vários fatores de risco associados à manutenção, incluindo a ocorrência de erosão ao longo do percurso dos diques devido ao tráfego de pessoas e veículos, presença de vegetação arbustiva, construção de moradias irregulares em bermas de equilíbrio e construção de rampas com corte de taludes, que removem parte da massa do dique e contribuem para o seu enfraquecimento. Outras dificuldades associadas à manutenção das Valas de Macrodrenagem são causadas pela presença de moradias irregulares em faixas de domínio e áreas destinadas ao trânsito de equipamentos. Mais de 10 anos depois, uma visita técnica de equipe do IPH/UFRGS durante a elaboração de trabalho para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de São Leopoldo constatou que vários desses problemas persistem, especialmente a presença de moradias irregulares e danos aos diques (erosão, escavação de rampas e presença de vegetação). Em seu Plano Municipal de Saneamento Básico, o município de Novo Hamburgo também identificou pontos de alagamentos, erosão e deslizamentos ainda carentes de soluções estruturais de micro e macrodrenagem. Durante a cheia de 2024 houve rompimento de um trecho do dique que pertence ao SCEVRS (próximo à Casa de Bombas do bairro Vicentina), alagando três bairros que receberam alerta para evacuação.

Esses exemplos mostram que soluções definitivas para o gerenciamento e manutenção da infraestrutura ainda carecem de sustentabilidade financeira. No contexto dos municípios, e do estado, os seguintes pontos podem contribuir:

- Atualizar avaliação dos custos e benefícios proporcionados pela infraestrutura de proteção contra cheias e comunicação desses benefícios à população de forma regular.

- Elaborar e implementar mecanismos de financiamento, e exemplo de modelos tarifários, para esses custos, com vistas a dar sustentabilidade e autonomia financeira aos sistemas de proteção. Dependendo de recursos externos, como o governo federal, para a manutenção de sistemas de proteção (Exemplo do SCEVRS em São Leopoldo) não é mais viável no contexto brasileiro atual. O modelo tarifário desenvolvido por equipe do IPH/UFRGS para o município de São Leopoldo em 2022 é um exemplo.

A resistência da população a novos modelos de tarifas e cobrança já é percebida pela administração dos municípios. Entretanto, é preciso comunicar de forma mais clara que a população já paga um custo muito mais alto, na forma de danos e prejuízos, quando os sistemas falham. Serviços de drenagem urbana e proteção contra cheias são notoriamente mal financiados ao nível dos municípios brasileiros, o que mascara o verdadeiro custo dos sistemas. Cada R\$ não gasto com a operação e manutenção adequada desses sistemas implica em vários R\$ gastos posteriormente para reconstruir casas e patrimônio perdido.

## **Maior robustez para sistemas de monitoramento, alerta e resposta**

Dados são essenciais para a resposta rápida num evento climático extremo. Para antecipar eventos críticos é necessário investir na coleta de dados, modelos de previsão e sistemas de alerta. Os Municípios podem colaborar com o monitoramento mais detalhado (hidrometeorológico e de qualidade da água) e trabalho conjunto com órgãos de estado e institutos de pesquisa para repasse de dados e informações. Estes irão contribuir para a evolução contínua em modelos de previsão e escoamento, que se mostraram extremamente úteis no monitoramento e alerta durante cheia de 2024. Em trabalho recentemente financiado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) foi determinado que cada R\$1 investido em coleta de dados hidrometeorológicos para sistemas de alerta Hidrológico (SAH) pode evitar perdas de até R\$661 a médio prazo (Brasil, 2024b).

Finalmente, para que essas ferramentas sejam efetivas na comunicação com a população, é crucial implementar planos de ação em escalas municipal, estadual e de bacia hidrográfica. Cabem ainda melhorias na Defesa Civil, treinamento da população e rapidez na manutenção ou substituição de infraestruturas danificadas após o evento.

## **Estratégias para implementação das soluções que já conhecemos**

Apesar de termos muita informação útil, como mapas de inundação, planos de bacia, de drenagem, listas de medidas e ações para os mais diferentes contextos, faltam **instrumentos de gestão** para conectar as informações e implementar as soluções na prática. Ao nível dos municípios e estado são necessárias estratégias para viabilizar a implementação dessas ações. Isso significa:

- Criar novas soluções para investimento e financiamento de medidas, usando instrumentos econômicos de gestão ambiental e de recursos hídricos;

- Criar soluções no âmbito legal para tornar planos vinculantes;
- Ampliar a atuação de consórcios municipais, que podem prestar apoio técnico e executivo para implementação de ações integradas no contexto das bacias hidrográficas;
- Criar procedimentos para a definição de diretrizes para planos de proteção contra cheia em municípios, tendo planos de bacia hidrográfica como instrumento de referência;
- Dar mais agilidade no uso de recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do estado (FHIDRO), na forma de ações coordenadas entre secretarias de estado e aquelas já previstas nos planos de bacia hidrográfica;
- Promover maior integração entre os instrumentos das políticas de recursos hídricos, saneamento e meio ambiente;
- Estabelecer padrões e critérios de avaliação na implementação dos planos (gerenciamento) com penalidades e mecanismos de incentivo.

## Mensagem Final

Desastres climáticos não podem ser mais considerados eventos únicos. Embora os elementos meteorológicos e geomorfológicos estejam fora do nosso controle nos curto e médio prazos, devemos atuar no elemento antrópico, para evitar que as cheias futuras tragam impactos tão severos para a população. O conhecimento sobre as mudanças no clima e ocorrência de eventos extremos já são bem conhecidos no Rio Grande do Sul, porém ainda não comunicamos os reflexos da vulnerabilidade climática para as cidades, o que tem resultado em poucas ações verdadeiramente transformadoras. Cabe à sociedade rever a percepção sobre os riscos aos quais estamos sujeitos e engajar na resolução dos gargalos que temos à frente.

Entretanto, desenvolver as dimensões de ação aqui apresentadas não vai ocorrer na ambiência de elaboração de políticas públicas e planejamento que temos hoje, mas sim em um outro contexto, baseado em princípios como participação da sociedade, transparência, eficiência na administração pública e boa gestão de dados e informação, ou seja, governança e regulação efetivas.

Nesse contexto, precisamos, mais do que nunca, de planejamento para realizar essa transição (gestão da mudança), vinculado a mecanismos robustos de gerenciamento, controle, monitoramento e uso de informação qualificada, seguido por consolidação constante do aprendizado e sua incorporação no processo de planejamento. Sem uma boa estrutura de governança, o processo de planejamento ao nível de municípios e estado tende a ser capturado por decisões e grupos de interesses em detrimento do embasamento técnico, enquanto as boas soluções continuam no papel.

## Referências

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). 2024a. Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. -- Brasília : ANA, 2024. 96 p. : il.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). 2024b. Avaliação de custos e Benefícios da Rede Hidrometeorológica Nacional: Sumário Executivo – estudos de casos/ Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Instituto de Pesquisas Hidráulicas, - Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/estudo-da-ana-aponta-que-cada-r-1-investido-em-sistemas-de-alerta-para-eventos-climaticos-extremos-pode-evitar-perdas-de-r-661>

Castellanos, E., M.F. Lemos, L. Astigarraga, N. Chacón, N. Cuvi, C. Huggel, L. Miranda, M. Moncassim Vale, J.P. Ometto, P.L. Peri, J.C. Postigo, L. Ramajo, L. Roco, and M. Rusticucci, 2022: Central and South America. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1689–1816, doi:10.1017/9781009325844.014. disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Chapter12.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter12.pdf)

Dalcin, A. P., Marques, G. F., Possantti, I., De Souza, G. G., Fedrizzi, N. V., & De Sousa Nava Castro, C. M. (2020). Vai ter água? caminhos para a adaptação dos sistemas hídricos ao futuro incerto. *Congresso Internacional De Engenharia Ambiental & 10a Reunião De Estudos Ambientais*. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/217128>

Fraga, C. C. S., Medellín–Azuara, J., & Marques, G. F. (2017). Planning for infrastructure capacity expansion of urban water supply portfolios with an integrated simulation-optimization approach. *Sustainable Cities and Society*, 29, 247–256. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.11.003>

Freitas Jr., F. L., Pereira, M. A. S., Fernandes, C. V. S., Fan, F. M. Costa, R. B., Magalhães Filho, F. J. C. Quali-quantitative evidence on water quality by a governance process with payment for environmental services in a water supply watershed. *REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS*, v. 28, p. 1-17, 2023.

NOVO HAMBURGO, Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal de administração. Plano municipal de saneamento básico. Novo Hamburgo, 2022. [https://www.novohamburgo.rs.gov.br/sites/pmnh/files/secretaria\\_doc/2022/Documento%20Revis%C3%A3o%20PMSB%20-%20DRENAGEM%20URBANA.pdf](https://www.novohamburgo.rs.gov.br/sites/pmnh/files/secretaria_doc/2022/Documento%20Revis%C3%A3o%20PMSB%20-%20DRENAGEM%20URBANA.pdf)

Penteado, A. F., Petry, S. H., Ross, J. L. (2012). Visualização de Riscos associados ao sistema de controle de enchentes no Vale do Rio dos Sinos (RS-Brasil). [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_19\\_18/2340](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_19_18/2340)

Possanti, I., & Marques, G. F. (2022). A modeling framework for nature-based solutions expansion planning considering the benefits to downstream urban water users. *Environmental Modelling & Software*, 152, 105381. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105381>

Reckziegel, E. W., Weschenfelder, J., & Bazzan, T. (2019). Avaliação do risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul/Brasil. *Gestão Costeira Integrada*, 19(4), 221–243. <https://doi.org/10.5894/rgci-n155>

Williams, B. K. (2011). Adaptive management of natural resources—framework and issues. *Journal of Environmental Management*, 92(5), 1346–1353. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.041>

Zanandrea, F. [et al.] (2023) (Orgs). *Desastres e água: eventos históricos no Brasil*. 1. ed. Porto Alegre, RS : ABRHidro,2023.